

ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ИНТЕГРАЦИЯ РОССИИ И БЕЛАРУСИ: ПЕРСПЕКТИВЫ РОСТА И ОБМЕНА ИННОВАЦИЯМИ¹

Е. Д. КОПНОВА¹⁾, К. А. ЖУРАВЛЕВА¹⁾, И. В. КОРЯКОВ¹⁾,
А. К. РУДЕНКО¹⁾, Н. Р. УВАРОВ¹⁾

¹⁾Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики»,
ул. Мясницкая, 11, 101000, г. Москва, Россия

Аннотация. Рассматриваются перспективы экономического сотрудничества России и Беларуси в рамках интеграционных объединений ЕАЭС, ШОС и БРИКС в условиях влияния санкций. Применялись методы эконометрического моделирования для оценки ключевых экономических характеристик, таких как ВВП Беларуси и объем взаимной торговли, а также показателей инвестиционных потоков и инновационного взаимодействия. Использовалась модель авторегрессионной интегрированной скользящей средней с внешними входными данными (*ARIMAX*), а также гравитационная модель внешней торговли, что позволило учесть временные тренды и внешние факторы, влияющие на экономические прогнозы. Результаты исследования показывают позитивные изменения в экономике Беларуси с небольшим спадом в 2022 г., прогнозируют увеличение объема взаимной торговли и взаимного обмена инновациями. Прогнозы взаимных инвестиций, напротив, указывают на снижение этих инвестиций в долгосрочной перспективе. Ожидается дальнейшее укрепление экономической интеграции и улучшение политических и финансовых позиций стран на международной арене.

Ключевые слова: экономическая интеграция; гравитационная модель; модель *ARIMAX*; модель экспоненциального сглаживания; прогнозирование.

¹Статья написана по результатам участия авторов в XI Евразийской студенческой олимпиаде по аналитической экономике и прогнозированию в рамках заочного отборочного тура.

Образец цитирования:

Копнова ЕД, Журавлева КА, Коряков ИВ, Руденко АК, Уваров НР. Экономическая интеграция России и Беларуси: перспективы роста и обмена инновациями. *Журнал Белорусского государственного университета. Экономика*. 2025;1:36–46.
EDN: NOWAOS

For citation:

Kopnova ED, Zhuravleva KA, Koryakov IV, Rudenko AK, Uvarov NR. Economic integration of Russia and Belarus: prospects for growth and exchange of innovations. *Journal of the Belarusian State University. Economics*. 2025;1:36–46. Russian.
EDN: NOWAOS

Авторы:

Елена Дмитриевна Копнова – кандидат технических наук, доцент; доцент департамента статистики и анализа данных факультета экономических наук.

Кристина Алексеевна Журавлева – студентка факультета экономических наук. Научный руководитель – Е. Д. Копнова.

Иван Владимирович Коряков – студент факультета экономических наук. Научный руководитель – Е. Д. Копнова.

Александра Константиновна Руденко – студентка факультета экономических наук. Научный руководитель – Е. Д. Копнова.

Николай Романович Уваров – студент факультета экономических наук. Научный руководитель – Е. Д. Копнова.

Authors:

Elena D. Kopnova, PhD (engineering), docent; associate professor at the department of statistics and data analysis, faculty of economics.

ekopnova@hse.ru

https://orcid.org/0000-0002-8429-141X

Kristina A. Zhuravleva, student at the faculty of economics.

kazhuravleva@edu.hse.ru

https://orcid.org/0009-0006-6021-7334

Ivan V. Koryakov, student at the faculty of economics.

ivkoryakov_1@edu.hse.ru

https://orcid.org/0009-0003-5640-8507

Alexandra K. Rudenko, student at the faculty of economics.

akrudenko@edu.hse.ru

https://orcid.org/0009-0009-5138-006X

Nikolay R. Uvarov, student at the faculty of economics.

nruvarov@edu.hse.ru

https://orcid.org/0009-0002-9814-758X

ECONOMIC INTEGRATION OF RUSSIA AND BELARUS: PROSPECTS FOR GROWTH AND EXCHANGE OF INNOVATIONS

*E. D. KOPNOVA^a, K. A. ZHURAVLEVA^a, I. V. KORYAKOV^a,
A. K. RUDENKO^a, N. R. UVAROV^a*

^aNational Research University Higher School of Economics, 11 Mjasnickaja Street, Moscow 101000, Russia

Corresponding author: E. D. Kopnova (ekopnova@hse.ru)

Abstract. The article examines the prospects for economic cooperation between Russia and Belarus within the framework of the EAEU, SCO and BRICS integration associations, with an emphasis on the impact of sanctions and their consequences for the economic growth of the countries. The study includes the use of econometric modelling methods to evaluate the forecast of key economic characteristics, such as the GDP of Belarus and the volume of mutual trade, as well as indicators of investment flows and innovative interaction. The autoregressive integrated moving average model with external input data (*ARIMAX*) was used, as well as the gravity model of foreign trade, which allowed taking into account time trends and external factors influencing forecasts. The exponential smoothing methodology was also used. The results show positive trends in the Belarusian economy with a slight decline in 2022, and a projected increase in mutual trade and the exchange of innovations. Forecasts of mutual investments, on the contrary, indicate a decline in the long term. Further strengthening of economic integration and improvement of the countries' political and financial positions in the international arena are expected.

Keywords: economic integration; gravity model; *ARIMAX* model; exponential smoothing model; forecasting.

Введение

Взаимодействие объединений ЕАЭС, ШОС и БРИКС играет важную роль для увеличения доли общего рынка стран – участниц этих объединений на мировой арене. По словам председателя Коллегии Евразийской экономической комиссии М. В. Мясниковича, пространство Большой Евразии характеризуется уникальными торговыми-экономическими и транспортно-логистическими возможностями, которые в сочетании с человеческим капиталом и ресурсами стран БРИКС могут значительно усилить эффект от такого взаимодействия на мировой арене.

Согласно экспертным оценкам уровень реализации общих рынков в рамках ЕАЭС значительно отличается от уровня, предусмотренного договором: рынок труда функционирует примерно на 70 %, рынок товаров – на 65 %, рынок услуг – на 45 %, а рынок капитала – лишь на 40 %². Это обуславливает необходимость совершенствования механизмов интеграции, повышения их гибкости и адаптивности. Такой подход позволит не только углубить внутреннее сотрудничество между странами союза, но и усилить позиции ЕАЭС на международной арене, превратив его в значимого игрока, способного влиять на глобальные процессы.

Исследователи отношений стран – участниц ЕАЭС отмечают, что улучшение механизмов интеграции осуществляется за счет достижения достаточной таможенной защиты этих стран, интенсификации коммерческого и инвестиционного взаимодействия партнеров, развития производственной сферы. При этом одной из причин низкого товарооборота между странами-участницами является ориентированность на экспорт природных ресурсов в страны, не входящие в интеграционные союзы. Ученые рекомендуют уделить особое внимание созданию инновационной сферы, которая в долгосрочном периоде могла бы способствовать сокращению технологического разрыва между странами региона и западными государствами, а также снизить риск попадания в «ловушку догоняющего развития» [1].

Изучение отношений государств внутри интеграционных союзов становится еще более актуальным ввиду событий, развернувшихся в 2022 г. В работе [2], в частности, отмечается, что в результате санкций со стороны Запада объем ВВП России и Беларусь сократился на 2,1 и 4,7 % соответственно в 2022 г., в то время как ВВП других стран, входящих в ЕАЭС, увеличился, что связано с ростом экспорта в Россию и Беларусь, рынок которых покинуло большое количество иностранных продавцов. Главные мировые торговые потоки и трансграничные транспортные логистики также подверглись значительным изменениям, существенно увеличились товарооборот и экспорт услуг стран ЕАЭС и БРИКС.

Анализ сотрудничества России и Беларусь отдельно от других стран важен ввиду того, что их экономики значительно пострадали вследствие санкций со стороны западных государств в 2022 г. В настоящем

²Евразийская экономическая интеграция: теория и практика : учеб. пособие / редкол.: С. Ю. Глазьев [и др.]. М. : Проспект, 2023. С. 648.

исследований изучается будущее сотрудничества Союзного государства в рамках интеграционных объединений ЕАЭС, ШОС, БРИКС. Для оценки эффективности данного союза используется метод прогнозирования экономических показателей, характеризующих ВВП, взаимную и внешнюю торговлю, взаимные инвестиции, взаимный обмен инновациями, строительство общих цифровых экосистем для взаиморасчетов в национальных валютах. Ниже рассматриваются различные способы прогнозирования этих показателей, известные в литературе по заявленной теме.

В работе [3] исследуется влияние внешних и внутренних факторов на формирование ВВП стран бывшего СССР. Применяется корреляционно-регрессионный анализ. В качестве регрессоров используются следующие показатели: доля промышленности, доля экспорта во внешнеторговом обороте, доля услуг в ВВП, доля экспорта во внешнеторговом обороте, валовое накопление основного капитала, коэффициент рабочей силы, уровень безработицы, индекс человеческого потенциала. Отмечается, что сельское хозяйство оказывает сдерживающее влияние на ВВП стран бывшего СССР. Индекс человеческого развития, отражающий социально-экономический прогресс страны через показатели здоровья, образования и материального благополучия ее населения, существенно влияет на зависимую переменную, причем чем больше времени проходит, тем эффект от его воздействия более заметен.

Результаты прогнозирования внешнеторговых показателей с использованием инструментария эконо-метрического моделирования, а также методов машинного обучения, представленные в статье [4], показывают, что при сочетании разных моделей можно получить лучшие прогнозы и повысить точность предсказаний показателей внешней торговли. Исследование [4] подтверждает, что комплексный подход позволяет достичь более надежных результатов для анализа торговых потоков, в том числе для прогнозирования взаимной торговли между странами.

В статьях белорусских новостных агентств³ показано, каким образом прогнозирование взаимных инвестиций между Россией и Беларусью зависит от роста экономической интеграции в рамках ЕАЭС. При этом основными методами исследования являются эконо-метрическое моделирование, анализ макроэкономических данных и использование сценарных подходов. В частности, принимаются во внимание такие факторы, как политическая и финансовая стабильность, регулирование финансовых рынков и налоговая политика. Результаты прогнозирования указывают на стабильный рост взаимных инвестиций при сохранении текущих экономических условий и усилении интеграции в сферах энергетики и инфраструктуры.

Взаимный обмен инновациями между странами, который играет ключевую роль в глобальном технологическом прогрессе, обсуждается в работе [5]. Показана роль искусственного интеллекта как одного из ведущих факторов, способствующих активному обмену технологиями и знаниями между государствами. Такое сотрудничество позволяет странам не только обмениваться инновациями, но и совместно решать вопросы безопасности, борясь с киберугрозами, обеспечивать устойчивое развитие. Искусственный интеллект используется в международных отношениях как инструмент для улучшения дипломатии и переговорных процессов и для изменения баланса сил в мировой политике, что содействует усилиению взаимного обмена инновациями и развитию международного сотрудничества.

Анализ исследований показывает, что результаты прогнозирования основных макроэкономических показателей способствуют совершенствованию стратегического планирования, направленному на улучшение совместных экономических позиций, укрепление политической интеграции и развитие конкурентоспособности на глобальной арене.

Материалы и методы исследования

В целях прогнозирования ВВП, объема взаимного обмена инновациями и объема взаимных инвестиций использовали математическую модель для анализа случайных процессов – модель авторегрессионной интегрированной скользящей средней с внешними входными данными (*autoregressive integrated moving average extended, ARIMAX*), которая позволяет оценить прогноз анализируемого временного ряда с учетом дополнительных внешних воздействий.

Общее уравнение модели *ARIMAX* имеет следующий вид:

$$Y_t = c + \alpha t + \varphi_1 Y_{t-1} + \varphi_2 Y_{t-2} + \dots + \theta_1 \varepsilon_{t-1} + \theta_2 \varepsilon_{t-2} + \dots + \beta X_t + \varepsilon_t,$$

где Y_t – зависимая переменная (временной ряд); X_t – экзогенные переменные (внешние факторы); c – константа; φ_i – коэффициенты авторегрессионной части (AR); θ_i – коэффициенты скользящего среднего (МА); ε_t – ошибка (случайное возмущение); β – коэффициенты влияния экзогенных переменных на Y_t .

³Беларусь и Россия сблизили подходы к развитию финансового рынка Союзного государства // Евразия. Эксперт : сайт. 22 авг. 2024 г. URL: <https://eurasia.expert/belarus-i-rossiya-sblizili-podkhody-k-razvitiyu-finansovogo-rynka-soyuznogo-gosudarstva/> (дата обращения: 10.12.2024) ; Россия и Беларусь: партнерство и взаимодействие в экономической сфере // Sputnik. Беларусь : сайт. 8 июля 2024 г. URL: <https://sputnik.by/20240708/rossiya-i-belarus-partnerstvo-i-vzaimodeystvie-v-ekonomicheskoy-sfere-1087890236.html> (дата обращения: 10.12.2024).

Для определения спецификации модели проверяли стационарность анализируемого случайного процесса с помощью расширенного теста Дики – Фуллера (*augmented Dickey–Fuller test, ADF-test*) и процедуры Доладо – Дженкинсона – Сосвилла-Ривьера (*Dolado – Jen-Kinson – Sosvilla-Rivero procedure*) и учитывали в тестовой регрессии возможность наличия тренда и константы, а также дополнительных лагов процесса. Для нестационарных процессов на стационарность тестировали их разности, определяли порядок интегрируемости процессов. Чтобы выяснить порядок авторегрессии и скользящего среднего в модели, для стационарных процессов рассчитывали оценки значений функций автокорреляции и частной корреляции. Модели оценивали методом наименьших квадратов (МНК) или методом максимального правдоподобия (ММП). Анализ качества оцененной модели включал проверку ее статистической значимости, а также статистической значимости отдельных параметров. Кроме того, проверяли гипотезы на соответствие остатков модели нормальному закону распределения вероятностей, об отсутствии автокорреляции остатков, а также об отсутствии гетероскедастичности. В первом случае обычно использовали тест Жака – Бера (*Jarque – Bera test*), во втором – тест Льюинга – Бокса (*Ljung – Box test*), в третьем – тест Бреуша – Пагана (*Breusch – Pagan test*).

Сначала проанализировали временной ряд ВВП Республики Беларусь с 2005 по 2021 г.⁴ Поскольку автокорреляция этого ряда, в том числе и частная, не была выявлена, для прогнозирования уровня ВВП решили использовать более простой метод, а именно модель экспоненциального сглаживания с модификацией, которая учитывает и тренд, и сезонность ряда.

Введем следующие обозначения: Y_t – фактическое значение временного ряда в момент t ; L_t – оценка уровня ряда в момент t ; T_t – оценка тренда в момент t ; S_t – оценка сезонности в момент t ; m – длина сезонного периода; α, β, γ – коэффициенты сглаживания (принимают значения в диапазоне от 0 до 1).

Формула для оценки текущего уровня ряда с учетом сезонности имеет вид

$$L_t = \alpha \frac{Y_t}{S_{t-m}} + (1 - \alpha)(L_{t-1} + T_{t-1}),$$

где S_{t-m} – значение сезонной компоненты для предыдущего сезона.

Оценка тренда ряда обновляется на основе изменения уровня:

$$T_t = \beta(L_t - L_{t-1}) + (1 - \beta)T_{t-1}.$$

Оценка сезонной компоненты обновляется на основе отношения фактического значения временного ряда к оценке его уровня:

$$S_t = \gamma \frac{Y_t}{L_t} + (1 - \gamma)S_{t-m}.$$

Прогноз значения на h шагов вперед рассчитывается по формуле

$$\hat{Y}_{t+h} = (L_t + hT_t)S_{t-m+h \bmod m},$$

где $L_t + hT_t$ – прогнозируемый уровень ряда с учетом тренда; $S_{t-m+h \bmod m}$ – сезонная компонента для будущего периода.

Коэффициенты сглаживания (α – скорость обновления уровня; β – скорость обновления тренда; γ – скорость обновления сезонности) показывают, насколько быстро модель адаптируется к изменениям.

Получили итоговую оценку модели:

$$GDP_{t+h} = (L_t + hT_t)S_{t-6+h \bmod m},$$

$$L_t = 0,895\,308\,2 \frac{GDP_t}{S_{t-m}} + 0,104\,691\,8(L_{t-1} + T_{t-1}),$$

$$T_t = T_{t-1},$$

$$S_t = S_{t-6}.$$

Для прогнозирования объема взаимного обмена инновациями (а именно платежей за интеллектуальную собственность в миллионах долларов США) между Россией и Беларусью (переменная Innovations) применяли модель *ARIMAX*.

В качестве внешних факторов использовали валовые внутренние расходы на исследования и разработки (R & D-расходы), выраженные в процентах от ВВП для обеих стран, сводный индекс интеграции

⁴World Economic Outlook Database // International Monetary Fund : website. URL: <https://www.imf.org/en/Publications/WEO/weo-database/2024/October> (date of access: 10.12.2024).

для обеих стран и число организаций, выполняющих научные исследования и разработки в каждой из стран. Данные рассматривали за период 2005–2021 гг.⁵

Для расчета сводного индекса интеграции применяли следующую формулу [6]:

$$I_{\text{intra}} = \sqrt[6]{\text{ShareExp}_{\text{intra}}^g \cdot \text{ShareImp}_{\text{intra}}^g \cdot \text{ShareExp}_{\text{intra}}^s \cdot \text{ShareImp}_{\text{intra}}^s \cdot \text{ShareFdi}_{\text{intra}}^{\text{inf}} \cdot \text{ShareFdi}_{\text{intra}}^{\text{outf}}},$$

где $\text{ShareExp}_{\text{intra}}^g$ – доля взаимного экспорта товаров в совокупном экспорте товаров объединения; $\text{ShareImp}_{\text{intra}}^g$ – доля взаимного импорта товаров в совокупном импорте товаров объединения; $\text{ShareExp}_{\text{intra}}^s$ – доля взаимного экспорта услуг в совокупном экспорте услуг объединения; $\text{ShareImp}_{\text{intra}}^s$ – доля взаимного импорта услуг в совокупном импорте услуг объединения; $\text{ShareFdi}_{\text{intra}}^{\text{inf}}$ – доля взаимных входных прямых иностранных инвестиций (ПИИ) в совокупных входных ПИИ, полученных объединением; $\text{ShareFdi}_{\text{intra}}^{\text{outf}}$ – доля взаимных вывезенных ПИИ в совокупных вывезенных ПИИ объединения.

Временной ряд объема взаимного обмена инновациями, а также временные ряды внешних факторов исследовали на стационарность. В результате исследования для всех указанных переменных гипотеза о наличии единичного корня в характеристическом многочлене соответствующего случайного процесса отвергалась⁶, так что ряды были признаны стационарными. В качестве примера приведем результаты процедуры тестирования для прогнозируемой переменной Innovations. При выборе оптимальной спецификации тестового уравнения использовали критерий Акаике, тестовое уравнение оценивали с константой и с шестью лагами разности testируемой переменной, тестовая статистика составила –3,1843, соответствующее ей асимптотическое p -значение равнялось 0,0209.

Построили корреляционную матрицу и матрицу статистической значимости коэффициентов корреляций между рассматриваемыми переменными. На основе этого отбросили переменные, которые статистически значимо⁷ коррелировали между собой или статистически незначимо коррелировали с прогнозируемой переменной.

В итоге остались три экзогенные переменные: R & D-расходы в Беларуси ($R\&D_{\text{exp}}$), сводный индекс интеграции в Беларуси (I_{intra}) и число организаций R & D в России ($R\&D_q$).

В результате анализа графиков оценок автокорреляционной и частной автокорреляционной функций временного ряда объема взаимного обмена инновациями решили использовать модель ARIMAX (1, 0, 1) с трендом:

$$\text{Innovations}_t = c + \alpha t + \varphi_1 \text{Innovations}_{t-1} + \theta \varepsilon_{t-1} + \beta_1 R\&D_{\text{exp}}_t + \beta_2 I_{\text{intra}}_t + \beta_3 R\&D_q_t + \varepsilon_t,$$

Оценка модели приведена в табл. 1.

Таблица 1

Оценка модели ARIMAX (1, 0, 1)

Table 1

Evaluation of the model ARIMAX (1, 0, 1)

Показатели	Обозначения	Оценка коэффициента
Константа	–	–7822,8974*
Тренд	t	3,9256**
Лаг первого порядка зависимой переменной, AR(1)	Innovations_{t-1}	0,3638
Лаг первого порядка скользящей средней, MA(1)	ε_{t-1}	0,9384
R & D-расходы в Беларуси	$R\&D_{\text{exp}}_t$	2,5848
Сводный индекс интеграции в Беларуси	I_{intra}_t	–2,7646
Число организаций R & D в России	$R\&D_q_t$	–0,0117
<i>Объем выборки n = 17, F(6, 10) = 36,930**, LR-stat. = 12,363*, R² = 0,925</i>		

Примечания: 1. Зависимая переменная – объем взаимного обмена инновациями между Беларусью и Россией в текущий момент времени (переменная Innovations_t). 2. Символом * показана значимость на уровне 0,05, символом ** – значимость на уровне 0,01.

⁵UNECE Statistical Database // UNECE : website. URL: <https://w3.unece.org/PXWeb2015/pxweb/en/STAT/> (date of access: 10.12.2024).

⁶Здесь и далее значимость статистических гипотез определяли на уровне 0,05.

⁷Здесь и далее анализ статистической значимости осуществляли на уровне 0,05.

Гипотезы о соответствии остатков модели нормальному закону распределения вероятности и об отсутствии автокорреляции первого порядка не отвергались. Однако гипотеза об отсутствии гетероскедастичности остатков была отвергнута.

Из табл. 1 видно, что оценка модели является статистически значимой. Она обладает достаточно высокой объясняющей способностью. При этом большинство оценок параметров оказались статистически незначимыми. Возможно, это связано с наличием гетероскедастичности в модели и требует ее совершенствования.

Оценку модели *ARIMAX* (1, 0, 1) использовали для прогнозирования объема взаимного обмена инновациями между Беларусью и Россией до 2027 г. на основании значений экзогенных переменных, спрогнозированных с помощью авторегрессионной модели первого порядка.

Далее модель *ARIMAX* применяли для прогнозирования размера взаимных инвестиций (переменная Investment). В качестве прогнозируемой переменной выступало суммарное количество инвестиций Беларуси в период с 2007 по 2021 г., в качестве экзогенных переменных рассматривали следующие показатели: ВВП России⁸ и Беларуси, обменный курс российского рубля к доллару США⁹, обменный курс белорусского рубля к доллару США¹⁰ и показатели инфляции в вышеупомянутых странах¹¹.

Для выбора спецификации так же, как и в предыдущем случае, проводили анализ стационарности рассматриваемых временных рядов, а также корреляционный анализ связей между ними. В качестве оптимальной модели выбрали модель *ARIMAX* (2, 2, 1). При этом в модель вошла только одна экзогенная переменная – курс белорусского рубля к доллару США (*ER_B*):

$$\Delta^2 \text{Investment}_t = \phi_1 \Delta^2 \text{Investment}_{t-1} + \phi_2 \Delta^2 \text{Investment}_{t-2} + \theta \varepsilon_{t-1} + \beta_1 \text{ER_B}_t + \varepsilon_t.$$

Оценка модели *ARIMAX* (2, 2, 1) представлена в табл. 2.

Таблица 2

Оценка модели *ARIMAX* (2, 2, 1)

Table 2

Evaluation of the model *ARIMAX* (2, 2, 1)

Показатели	Обозначения	Оценка коэффициента
Лаг первого порядка зависимой переменной, AR(1)	$\Delta^2 \text{Investment}_{t-1}$	1,6320*
Лаг второго порядка зависимой переменной, AR(2)	$\Delta^2 \text{Investment}_{t-2}$	0,8665*
Лаг первого порядка скользящей средней, MA(1)	ε_{t-1}	0,9762
Курс белорусского рубля к доллару США	ER_B_t	-438,844
<i>Объем выборки n = 15, F(4, 12) = 55,484*, LR-stat. = 33,330*, R² = 0,810</i>		

Примечания: 1. Зависимая переменная – разность второго порядка суммарного количества инвестиций Беларуси в текущий момент времени (переменная $\Delta^2 \text{Investment}_t$). 2. Символом * показана значимость на уровне 0,01.

Гипотезы об отсутствии автокорреляции остатков первого порядка и гетероскедастичности не отвергались. При этом была отвергнута гипотеза о соответствии остатков нормальному закону распределения вероятностей.

Из табл. 2 видно, что оценка модели является статистически значимой. Она обладает достаточно высокой объясняющей способностью. Однако оценка коэффициента при экзогенной переменной оказалась статистически незначимой.

Далее оценку модели *ARIMAX* (2, 2, 1) использовали для прогнозирования размера взаимных инвестиций до 2027 г. включительно с учетом прогнозных значений экзогенной переменной, определенных на основе авторегрессионной модели первого порядка.

Для прогнозирования объемов торговли применяли гравитационную модель международной торговли [6], в которую был внедрен экспоненциальный тренд для учета временной динамики. Модель

⁸UNECE Statistical Database // UNECE : website. URL: <https://w3.unece.org/PXWeb2015/pxweb/en/STAT/> (date of access: 10.12.2024).

⁹Статистика внешнего сектора // Банк России : сайт. URL: https://www.cbr.ru/statistics/macro_itm/external_sector/pb/ (дата обращения: 10.12.2024).

¹⁰Средний официальный курс белорусского рубля по отношению к иностранным валютам // Национальный банк Республики Беларусь : сайт. URL: <https://www.nbrb.by/statistics/rates/avgrate> (дата обращения: 10.12.2024).

¹¹UNECE Statistical Database // UNECE : website. URL: <https://w3.unece.org/PXWeb2015/pxweb/en/STAT/> (date of access: 10.12.2024).

описывает зависимость торговли между странами i и j от ВВП этих двух стран (GDP), от экономического или физического расстояния между странами (D) и от дополнительных факторов (Z) (например, эффекты интеграции) с учетом тренда (γ_t):

$$T_{ij} = \gamma_t \frac{GDP_i^\lambda \cdot GDP_j^\mu}{D_{ij}^\delta} e^{Z_{ij}},$$

где $\gamma_t = e^{\alpha + \beta t}$.

Путем логарифмирования модель линеаризовали и оценивали МНК или ММП. Анализ качества оцененной модели включал проверку обычных гипотез для ее остатков: гипотезы о соответствии ее остатков нормальному закону распределения вероятностей, гипотезы об отсутствии автокорреляции и гетероскедастичности остатков. Применили те же тесты, что и для анализа остатков модели *ARIMAX*.

Объем торговли между Россией и Беларусью¹² (T_{ij}) решили предсказывать в миллионах долларов США с использованием следующих независимых переменных: ВВП Беларуси в текущих ценах (в миллионах долларов США), ВВП России в текущих ценах (в миллионах долларов США) (GDP_i , GDP_j); физического расстояния между двумя странами (в километрах) (D_{ij}), а также с использованием фиктивной переменной, указывающей на факт вхождения Беларуси в Таможенный союз в 2010 г. (DUM). Для оценки модели применяли временные ряды этих переменных на временном промежутке с 2005 по 2021 г.

Регрессионное уравнение в логарифмах для этих данных имеет вид

$$\ln(T_{ij,t}) = \alpha + \beta t + \lambda \ln(GDP_{i,t}) + \mu \ln(GDP_{j,t}) - \delta \ln(D_{ij}) + \theta DUM_t + \varepsilon_t.$$

С помощью ADF-теста мы убедились, что все преобразованные переменные являются стационарными (на уровне значимости 0,05).

Оценка модели представлена в табл. 3.

Таблица 3

Оценка гравитационной модели

Table 3

Evaluation of the gravity model

Показатели	Обозначения	Оценка коэффициента
Константа	—	-39,083 97**
Тренд	t	0,020 76**
Логарифм ВВП страны-экспортера	GDP_i	-0,492 85*
Логарифм ВВП страны-импортера	GDP_j	1,311 52**
Эффект интеграции	DUM	-0,069 68
<i>Объем выборки n = 17, F(4, 12) = 154,626**, R² = 0,981</i>		

Примечания: 1. Зависимая переменная – логарифм объема торговли ($\ln(T_{ij})$). 2. Символом * показана значимость на уровне 0,05, символом ** – значимость на уровне 0,01.

Из табл. 3 видно, что оценка модели является статистически значимой на уровне 0,05. Она имеет достаточно высокую объясняющую способность. При этом анализ остатков модели показал, что гипотеза о соответствии их нормальному закону распределения вероятностей и гипотеза об отсутствии гетероскедастичности не отвергаются, однако гипотеза об отсутствии автокорреляции остатков до второго порядка включительно отвергается, что свидетельствует о необходимости совершенствования модели.

Положительная оценка коэффициента при показателе тренда означает, что при прочих равных объем торговли ежегодно растет в среднем на 2,08 %. Рост ВВП страны-экспортера на 1 % ассоциирован со снижением торговли на 0,49 %. Возможно, с ростом ВВП страны стремятся снизить зависимость внутреннего рынка от взаимной торговли и диверсифицировать внешнеэкономические связи. Рост ВВП страны-импортера на 1 % связан с увеличением торговли на 1,31 %. Влияние членства Беларуси в Таможенном союзе является статистически незначимым. Так как рассматриваемое физическое расстояние между странами не меняется во времени, то эта переменная из оценки модели была исключена.

Оценку гравитационной модели использовали для прогнозирования объемов торговли между Россией и Беларусью до 2029 г. Анализ проводили на основе предсказанных значений ВВП двух стран, которые представлены на сайте Международного валютного фонда.

¹²Средний официальный курс белорусского рубля по отношению к иностранным валютам // Национальный банк Республики Беларусь : сайт. URL: <https://www.nbrb.by/statistics/rates/avgrate> (дата обращения: 10.12.2024).

Результаты

На рис. 1 приведены фактические и прогнозные значения ВВП Беларуси. Прогноз ВВП показывает стабильный восходящий тренд ВВП Беларуси с 2021 г., за исключением небольшого снижения в 2022 г., что можно связать с геополитической ситуацией в 2022 г. и большими санкционными пакетами против союзной России. Максимальное значение прогнозируется в 2026 г., после чего в 2027 г. ожидается спад. В целом прогноз указывает на положительную динамику ВВП с преобладанием роста, что может свидетельствовать об улучшении экономических условий.



Рис. 1. График прогнозирования ВВП Беларуси до 2027 г. по результатам оценки модели экспоненциального сглаживания

Fig. 1. Graph of GDP forecast for Belarus until 2027 based on the results of the exponential smoothing model assessment

На рис. 2 представлен график прогнозируемых объемов торговли между Россией и Беларусью, полученный на основе оценки гравитационной модели международной торговли.



Рис. 2. Объем взаимной торговли между Россией и Беларусью по результатам оценки гравитационной модели

Fig. 2. Volume of mutual trade between Russia and Belarus based on the results of the gravity model assessment

На рис. 2 хорошо виден положительный тренд объемов взаимной торговли между Россией и Беларусью.

Фактические инвестиции России и Беларуси, представленные на рис. 3, достигли своего максимума в 2017 г. Начиная с 2017 г. наблюдается устойчивый тренд на снижение, который, по прогнозам, продолжится до 2027 г. В прогнозе видны небольшие колебания в 2024–2025 гг., но общий тренд остается нисходящим.



Рис. 3. График обмена инвестициями между Россией и Беларусью по результатам оценки ARIMAX (2, 2, 1)

Fig. 3. Graph of investment exchange between Russia and Belarus based on the results of the assessment ARIMAX (2, 2, 1)

График взаимного обмена инновациями между Россией и Беларусью представлен на рис. 4.

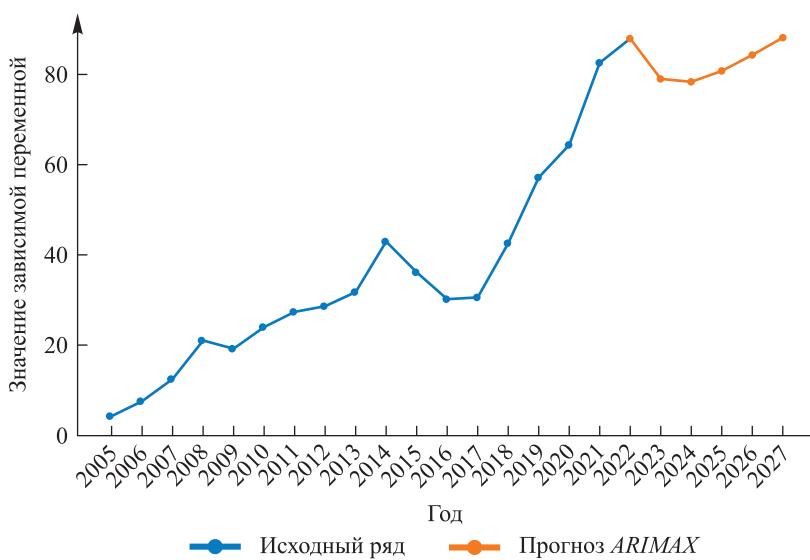


Рис. 4. График взаимного обмена инновациями между Россией и Беларусью по результатам оценки ARIMAX (1, 0, 1)

Fig. 4. Graph of mutual innovation exchange between Russia and Belarus based on the results of the assessment ARIMAX (1, 0, 1)

Из рис. 4 видно, что значения прогнозируемого показателя резко снижаются в 2023 г., но после 2024 г. возрастают. Спад взаимного обмена инновациями между Россией и Беларусью, вероятно, вызван событиями 2022 г. В целом с каждым годом скорость обмена инновациями возрастает, что говорит об успешном развитии сотрудничества России и Беларуси в этой сфере.

Обсуждение

В целях прогнозирования ВВП использовали модель экспоненциального сглаживания, ориентированную на анализ временных паттернов, включая тренды и сезонность. Указанный подход и подход, предложенный в работе [3], имеют как общие черты, так и существенные различия. Оба подхода опираются на исследование экономической динамики, однако методология А. П. Цыпина [3] основана на проведении корреляционно-регрессионного анализа, направленного на выявление долгосрочных

структурных связей между макроэкономическими показателями (например, доля промышленности или уровень безработицы) и ВВП. Такой подход обеспечивает прозрачность интерпретации степени влияния отдельных факторов. Однако модель экспоненциального сглаживания фокусируется на адаптации к краткосрочным изменениям и циклическим колебаниям, что делает ее эффективной для прогнозирования в условиях нестабильности временных рядов.

В работе [4] проведен подробный анализ точности и применимости различных моделей прогнозирования объемов внешней торговли. Автор рассматривает как статические эконометрические модели, так и модели временных рядов. В настоящем исследовании мы расширили методологию применения гравитационной модели международной торговли, используемой в работе [4], дополнив ее экспоненциальным трендом для учета временной динамики.

Прогнозирование взаимных инвестиций в рамках ЕАЭС, описанное в статьях белорусских новостных агентств, осуществляется на основе эконометрического моделирования и сценарных подходов. Использование эконометрического инструментария позволяет учесть такие факторы, как политическая и финансовая стабильность, регулирование финансовых рынков, налоговая политика, а также изменения в сферах энергетики и инфраструктуры. Преимуществами этих подходов являются глубокий анализ причинно-следственных связей и учет широкого круга факторов, которые могут влиять на инвестиционные потоки между странами. Сценарный подход позволяет предсказать развитие событий в зависимости от изменений внешних и внутренних условий, что дает возможность адаптации параметров моделей к различным экономическим ситуациям. Однако применение такой методологии может быть ограничено точностью прогнозов, поскольку сильно зависит от правильной идентификации ключевых факторов и выбора соответствующих эконометрических моделей. Кроме того, долгосрочные прогнозы могут быть подвержены рискам, связанным с изменившимися политическими и экономическими условиями. Используемая нами модель *ARIMAX* позволяет учесть риски, описанные выше, и определить прогнозы для взаимных инвестиций в рамках ЕАЭС.

Методы прогнозирования объема взаимного обмена инновациями, представленные в работе [5], включают анализ патентов, научных публикаций, сетевых взаимодействий и образовательных инициатив. Эти методы акцентируют внимание на качественных аспектах обмена, таких как развитие научных и образовательных проектов, и позволяют исследовать долгосрочные тенденции и международное сотрудничество в области инноваций. Используемая в нашем исследовании модель *ARIMAX*, в свою очередь, делает краткосрочные предсказания и учитывает временной ряд прогнозируемого показателя, а также экзогенные факторы, характеризующие особенности политической и экономической ситуации. Она моделирует влияние внешних факторов на обмен инновациями, что делает ее более гибкой для краткосрочного прогноза.

Заключение

В ходе проведенного исследования была достигнута основная цель – оценка перспектив экономического сотрудничества между Россией и Беларусью в рамках интеграционных объединений ЕАЭС, ШОС и БРИКС с учетом влияния санкций и других внешних факторов. Эконометрические модели, а именно модель экспоненциального сглаживания, *ARIMAX* и гравитационная модель, позволили осуществить прогнозирование ключевых экономических показателей, таких как ВВП, объем взаимной торговли, взаимные инвестиции и обмен инновациями.

Полученные результаты подтверждают гипотезу о положительном влиянии экономической интеграции на торговые и инвестиционные отношения между странами, несмотря на существующие экономические вызовы. В частности, результаты прогнозирования указывают на рост ВВП Беларуси и объемов взаимной торговли, а также на усиливающееся сотрудничество между странами в сфере инноваций. Вместе с тем прогнозируемое снижение взаимных инвестиций в долгосрочной перспективе подчеркивает необходимость дальнейшего развития инвестиционной политики и повышения привлекательности совместных проектов.

Значимость исследования заключается в расширении научных подходов к анализу экономической интеграции и прогнозированию в условиях политической и экономической нестабильности. Результаты могут быть использованы для оптимизации экономической политики стран и улучшения механизмов их сотрудничества в рамках интеграционных объединений. Однако исследование имеет и ряд ограничений. В будущем потребуется доработка моделей для более корректного учета влияния нестабильности политической и экономической ситуации, а также для совершенствования методов прогнозирования в условиях глобальных изменений.

Библиографические ссылки

1. Зубенко ВВ, Аварский СА. Взаимодополняемость экономик стран – членов ЕАЭС: между прошлым и будущим. *Национальные интересы: приоритеты и безопасность*. 2016;12(11):127–142. EDN: XAAWWH.
2. Господарик Е, Дутин С, Королева А. Евразийский экономический союз: экономика, торговля, логистика в условиях санкций. *Банкаўскі веснік*. 2023;8:34–40. EDN: ANFKOK.
3. Цыпин АП. Эконометрическое моделирование влияния факторов на ВВП постсоветских стран. *Известия Саратовского университета. Новая серия. Серия: Экономика. Управление. Право*. 2018;18(4):407–412. DOI: 10.18500/1994-2540-2018-18-4-407-412.
4. Турунцева МЮ. Прогнозы внешнеторговых показателей: сравнительный анализ качественных свойств различных моделей. *Российский внешнеэкономический вестник*. 2011;2:35–45. EDN: PCDRLB.
5. Гришанина ТА. Искусственный интеллект в международных отношениях: роль и направления исследования. *Вестник РГГУ. Серия: Политология. История. Международные отношения*. 2021;4:10–18. DOI: 10.28995/2073-6339-2021-4-10-18.
6. Господарик ЕГ, Ковалёв ММ. Математическое моделирование эффектов интеграции на примере ЕАЭС. *Журнал Белорусского государственного университета. Экономика*. 2023;1:36–50. EDN: HFZATO.

Статья поступила в редакцию 30.12.2024.

Received by editorial board 30.12.2024.